

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

ŠPEREROVÁ JANA

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM: GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

STUDIJNÍ OBOR: GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A GEOINFORMATIKA



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

GEODETICKÉ ZAMĚŘENÍ DOLNÍ TERASY MLÝNSKÉ KOLONÁDY
V KARLOVÝCH VARECH

GEODETIC SURVEYING OF THE LOWER TERRACE OF THE MILL
COLONNADE IN CARLSBAD

Vedoucí práce: Ing. Křemen Tomáš, Ph.D.
Katedra speciální geodézie

2018

ŠPEREROVÁ JANA



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Špererová

Jméno: Jana

Osobní číslo: 458561

Zadávací katedra: Katedra speciální geodézie

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Geodetické zaměření dolní terasy Mlýnské kolonády v Karlových Varech

Název bakalářské práce anglicky: Geodetic Surveying of the Lower Terrace of the Mill Colonnade in Carlsbad

Pokyny pro vypracování:

Vybudování a zaměření měřické sítě.

Zaměření zájmové části spodní terasy Mlýnské kolonády.

Zpracování měřených dat a vytvoření výkresové dokumentace.

Seznam doporučené literatury:

Hampacher, M.- Štroner, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii. Česká technika - nakladatelství ČVUT, Praha, 2015, s. 336, ISBN 978-80-01-05843-5.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Tomáš Křemen, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 20. 2. 2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 27. 5. 2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

20. 2. 2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci napsala zcela samostatně v souladu s autorským zákonem a zákonem etiky, a to za pomoci vedoucího bakalářské práce Ing. Tomáše Křemena, Ph.D.

Použité literární zdroje a podklady, na jejichž základě byla bakalářská práce zpracována jsou uvedeny v seznamu zdrojů a použité literatury.

V Praze dne 21/5/2018


.....
Špererová Jana

Poděkování

Chtěla bych poděkovat panu Ing. Tomáši Křemenovi, Ph.D. za pomoc při tvorbě bakalářské práce, jeho vstřícnost, trpělivost, rady a ochotu. Dále katedře K154 za poskytnutí vybavení, panu řediteli SPLZaK Ing. Milanu Trnkovi za vstřícnost ohledně dostupnosti Mlýnské kolonády, Jakubu Vynikalovi za pomoc při měřičských pracích, a nakonec mé rodině za plnou podporu, jež mi poskytovali nejen při tvorbě této práce, ale i v průběhu celého studia.

Abstrakt

Cílem bakalářské práce bylo skutečné zaměření spodní terasy Mlýnské kolonády v Karlových Varech. A to z důvodu posouzení, jak nutné jsou rekonstrukce, protože oblast pod kolonádou je nestabilní, čímž je deformováno její sloupořadí. V této práci jsou popsány přípravné práce, měřičské metody, které byly použity pro zaměření, postupy jednotlivých prací. Jak bylo v terénu postupováno, jak probíhalo zpracování v kanceláři. Jsou zde popsány postupy získání a vypočítání dat i zpracování grafických výstupů. Výstupem je seznam souřadnic podrobných bodů a bodů měřičské sítě, výkres situace v systému S-JTSK, výkres v lokálním měřítku s kótami, náčrt a výkres bokorysu sloupu s vyznačením roviny řezu.

Klíčová slova

Skutečné zaměření, technická nivelace, RTK, GNSS, polární metoda, totální stanice, nivelační přístroj, Mlýnská kolonáda, Karlovy Vary

Abstract

The purpose of the bachelor thesis was the actual measurement of the lower terrace of the Mill colonnade in Carlsbad. Due of the assessment, how necessary is the reconstruction, because the area under the colonnade is unstable, which deforms its colonnade. This bachelor thesis describes the preparatory work and measuring methods, which were used to surveying, procedures of individual works. How was progressed in terrain, how the data was processed in the office. Here are described the procedures for obtaining and calculating data as well as processing graphical outputs. The output is a list of coordinates of detailed points and points of land surveying network, drawing of the situation in the S-JTSK system, a drawing on a local scale with dimensions, sketch and drawing showing a side-view of a column with marking the plane cutting.

Key words

Actual alignment, technical leveling, RTK, GNSS, polar method, total station, leveling device, Mill colonnade, Carlsbad

Obsah

1	Úvod	8
2	Popis lokality	9
2.1	Zájmová lokalita a popis kolonády	9
2.2	Mlýnská kolonáda – historie	12
3	Rekognoskace terénu	14
3.1	Bodové pole zájmové lokality	14
3.2	Vybudování měřičské sítě	14
4	Použité přístroje a programy	15
4.1	Přístroje	15
4.2	Programy	18
5	Měření	19
5.1	Použité měřičské metody	19
5.1.1	Technická nivelace	19
5.1.2	Metoda Real Time Kinematic	20
5.1.3	Polární metoda	21
5.2	Zaměření měřičské sítě	22
5.3	Měření podrobných bodů	24
5.4	Kontrolní oměrné míry	25
5.5	Vyhotovení náčrtu	26
5.6	Vyhotovení náčrtu pro zaznamenání roviny řezu	26
6	Výpočetní práce	27
6.1	Příprava hodnot pro výpočet	27
6.2	Vyrovnání měřičské sítě	27
6.3	Výpočet podrobných bodů	28
7	Grafické zpracování	30
7.1	Tvorba výkresu půdorysu	30
7.2	Tvorba výkresu roviny řezu	32
8	Výsledky	33
9	Závěr	34
	Seznam použitých zkratk	35
	Seznam zdrojů a použité literatury	36

Seznam tabulek	37
Seznam obrázků	38
Seznam příloh	39

1 Úvod

Tématem bakalářské práce je polohopisné zaměření skutečného stavu spodní terasy (promenády) Mlýnské kolonády (sloupořadí) v Karlových Varech, pro účely budoucí rekonstrukce z důvodu, že vyvěrající prameny pod touto historickou budovou narušily základní linii stavby.

Mlýnská kolonáda je jednou z největších a nejznámějších sloupořadí v Karlových Varech, a přesto stále neexistuje novější měřičská dokumentace této budovy. Roku 2009 pouze zaměřen obvod stavby, pro účely vybudování komunikace v okolí. Když jsem se tuto informaci dozvěděla, navrhla jsem řediteli správy léčivých zdrojů a kolonád (SPLZaK) panu Ing. Milanu Trnkovi, že v rámci této bakalářské práce spodní terasu Mlýnské kolonády zaměřím. Ač je kolonáda tvořena třemi terasami, pouze nejspodnější je v dnešní době volně přístupná, a proto jsem si ji vybrala jako objekt zájmu.

Pod mlýnskou kolonádou vyvěrá pět léčivých pramenů. Tyto prameny, dělají ze svého okolí nestabilní oblast a ta deformuje strukturu spodní terasy sloupořadí. Kolonádu tvoří 124 korintských sloupů. Kvůli spodním pramenům se tyto sloupy posouvají, a to má vliv na jejich tvar. Některé spodní patky jsou nyní okopané od turistů, jiné jsou ulámané anebo již nemají původní rozměry. Díky posunům některé sloupy neudrží původní linii a „vybočují“ z řady.

Technickou nivelací byly určeny výšky měřičské sítě, metodou RTK byly určeny jejich souřadnice a polární metodou byla zaměřena terasa Mlýnské kolonády. Výsledná data byla zpracována a byly vyhotoveny výkresy půdorysu budovy.

Výstupem této bakalářské práce je seznam souřadnic zaměřených bodů (rohů patek sloupů) a grafické výstupy půdorysu v rovině řezu.

2 Popis lokality

2.1 Zájmová lokalita a popis kolonády

Karlovy Vary jsou jedno ze tří lázeňských měst lázeňského trojúhelníku na západu České republiky. Přijíždí do něj mnoho turistů, aby se zregenerovali a odpočinuli si. K tomu slouží i Karlovarská promenáda, která zahrnuje i několik kolonád – Vřidelní, Dřevěnou, Tržní, Mlýnskou a Sadovou. Mlýnská kolonáda je z těchto pěti sloupořadí největší a také nejvíce známou. Nachází se na levém břehu řeky Teplá v Lázeňské ulici (obr. 1) a pod ní vyvěrá pět léčivých minerálních pramenů, které způsobují deformace budovy – Skalní, Libušin, Knížete Václava, Mlýnský a Rusalka [1], [2]. Tři z nich jsou dostupné přímo v Mlýnské kolonádě, kde jsou umístěné „vaničky“ (obr. 2) ve kterých pramen vyvěrá na povrch a turisté ho tak mohou přímo pít.



Obrázek 1 - situační nákres umístění Mlýnské kolonády [3]

Mlýnská kolonáda je orientována na severozápad, je přibližně 132 m dlouhá, 13 m široká a má tři podlaží. Centrální část prvního podlaží má obdélníkový tvar a z každé

strany se ještě nachází dvě podlouhlé uličky sloupů (pavilony), jež zastřešují na jihu Mlýnský pramen (obr. 3) a na severu Skalní pramen. V prvním podlaží se celkem nachází 124 korintských sloupů. Všechny sloupy mají kulaté dříky s hranatou patkou s výjimkou prvního sloupu na jihovýchodní straně, který má dřík hranatý [4]. Druhé podlaží je bráno jako střecha prvního podlaží s ochozem, na němž se nachází 12 soch, z nichž každá znázorňuje jeden kalendářní měsíc. Na této „střeše“ se nachází



Obrázek 2 - "vaničky" na pití pramenů

malá přístavba obdélníkového tvaru s vnitřními prostory, odkud se dá vyjít na nejvyšší terasu, na které je krásný výhled na lázeňskou část města. Druhé a třetí podlaží není v dnešní době veřejnosti přístupné.

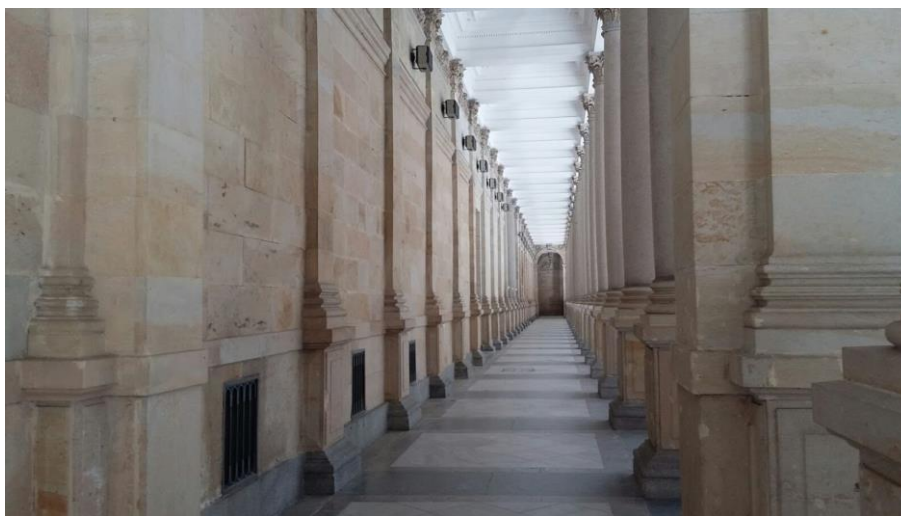


Obrázek 3 - pavilon zastřešující Mlýnský pramen

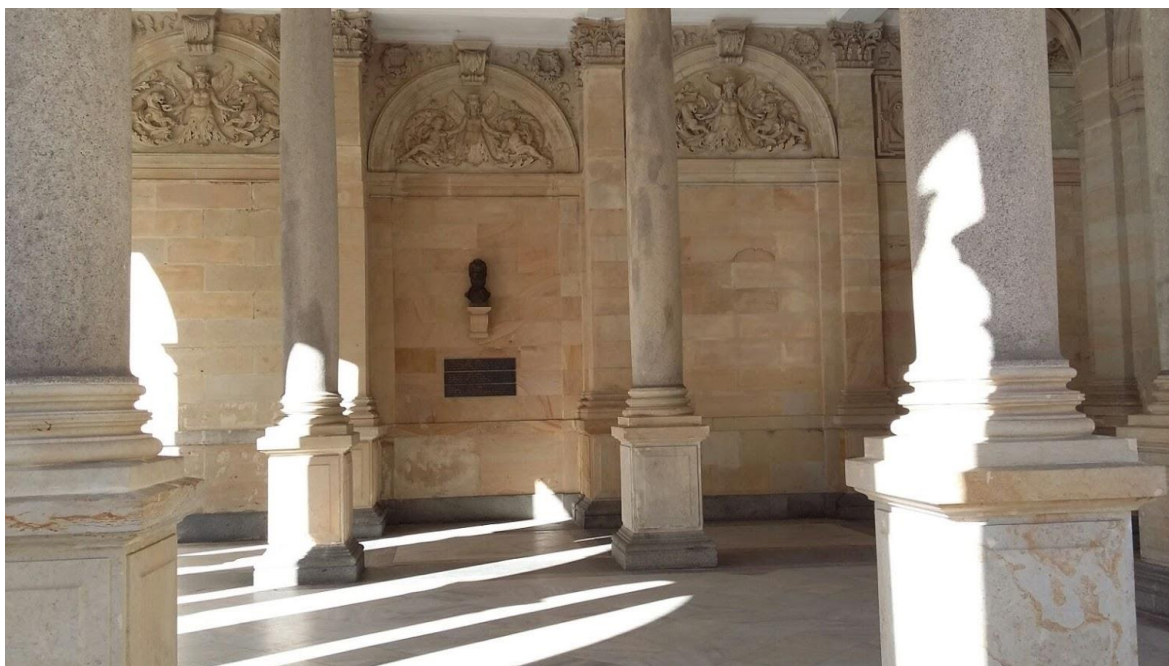
V prvním podlaží se krom sloupů (obr. 4, 5) a pavilonů zastřešujících prameny, nachází i dva vydělené pavilony s předsazenými sloupy. Jeden se nachází v jižní části (obr. 8) a druhý v severní části budovy. Tyto pavilony jsou stavbou totožné, avšak v pavilonu na jižní straně se nachází výklenek s bustou architekta Josefa Zítka (obr. 7), kdežto severní pavilon má výklenek prázdný. V Pavilonu Mlýnského pramene se nachází kamenná pamětní deska s ódou na Vřídlo (obr. 6). Vřídlo je v Karlových Varech nejznámější a nejteplejší pramen, který objevil Karel IV., když byl na lovu se svou skupinou a díky němuž byly založeny Karlovy Vary.



Obrázek 4 - hlavní část promenády Mlýnské kolonády



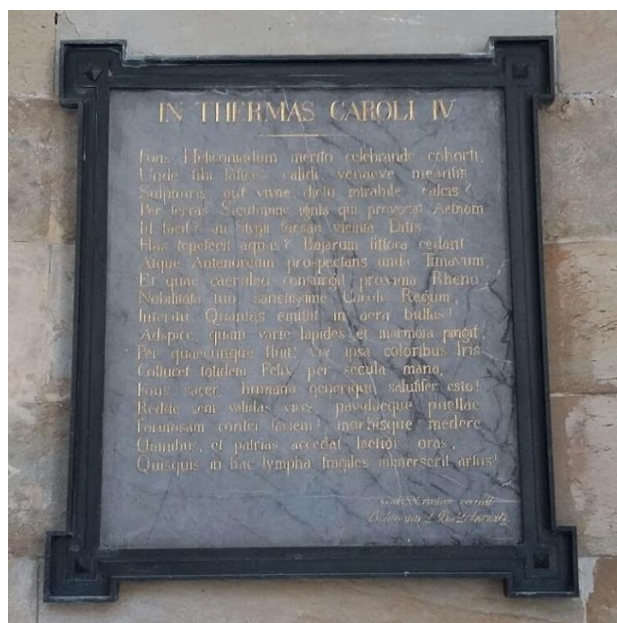
Obrázek 5 - sloupořadí zadní části Mlýnské kolonády



Obrázek 8 - jižní pavilon s bustou J. Zítka



Obrázek 7 - busta Josefa Zítka



Obrázek 6 - óda na Vřídlo

2.2 Mlýnská kolonáda – historie

Mlýnská kolonáda v Karlových Varech, jinak také známá jako Zítkova kolonáda či Kamenná kolonáda je dnes největší a nejznámější kolonádou v Karlových Varech.

Účelem této stavby bylo ochránit dva vyvěrající prameny. Z počátku byl v roce 1811 kolem nich zřízený ochoz stavitelem A. Gieselem. Bohužel dřevěná podlaha, přezdívaná „dupárna“, nebyla vhodná, a proto byla později na tomto místě vybudována empírová kolonáda, která se stala vyhledávaným místem lázeňských hostů. Roku 1851 byl vypsán konkurz na její přestavbu (renovaci). Konkurzu se zúčastnilo mnoho architektů, ale městské radě se žádný návrh nezalíbil, a proto na konci šedesátých let požádala architektka Josefa Zítka, jestli by nevypracoval vlastní návrh. Zítek si kolonádu představoval jako velkolepou a honosnou stavbu a roku 1869 začal pracovat na návrhu. Podle tohoto návrhu se začala kolonáda stavět, ale roku 1871 byla stavba zastavena z důvodu stále rostoucích finančních nákladů. Tehdy byl Zítek osloven, aby vyhotovil druhý, skromnější koncept. Ten již rada města přijala a podle něj dostavěli kolonádu do dnešní podoby (obr. 9) [5]. Tehdejší kolonáda neobsahovala pavilon Skalního pramene, ten byl přistavěn až později, roku 1892 [4].



Obrázek 9 - Mlýnská kolonáda [6]

3 Rekognoskace terénu

21. října 2017 byla v zájmové lokalitě provedena rekognoskace terénu. Účelem bylo najít vhodné body podrobného polohového a výškového bodového pole. Dále vybrat vhodná místa pro vybudování bodů měřičské sítě tak, aby se dalo metodou GNSS určit jejich souřadnice.

Na území zájmu bylo nalezeno pět bodů ČSNS a dva body podrobného polohového bodového pole. Avšak tři nivelační body ČSNS byly od Mlýnské kolonády příliš vzdálené, a proto byly využity pouze zbylé dva. Oba body podrobného polohového bodového pole byly od sebe v rámci dvou metrů, a proto bylo pro následné měření využito pouze jednoho bodu, který byl lépe vidět z měřičské sítě.

3.1 Bodové pole zájmové lokality

V zájmové lokalitě byly využity dva body sítě ČSNS Aab-5.1 a Aab-5 a také bod podrobného polohového bodového pole 1035. Tyto tři body spadají do katastrálního území Karlovy Vary, obce Karlovy Vary.

3.2 Vybudování měřičské sítě

Na základě rekognoskace terénu a bodové sítě zájmového území, bylo okolo Mlýnské kolonády stabilizováno nastřelovacími hřeby osm bodů, jako stanoviska měřičské sítě 4001–4008. Další dva body 5001, 5008 pro následné orientace nebyly stabilizovány, pouze byly zvoleny výrazné body terénu a označeny sprejem. Body měřičské sítě byly voleny rovnoměrně po celém objektu.

Při měření podrobných bodů byla v promenádě Mlýnské kolonády vyhotovena tři přechodná stanoviska 4009–4011 pro lepší zaměření vnitřní části. Tato stanoviska byla označena geodetickou křídou.

4 Použité přístroje a programy

4.1 Přístroje

Leica Sprinter 100 (v.č.: 1002770) je nivelační přístroj (obr. 10), který byl použit pro technickou nivelaci. Byl stavěn na stativ a měřilo se na digitální, vysouvací nivelační lať Leica (v.č.: 741882). Parametry měření tohoto přístroje jsou uvedeny v tabulce 1.



Obrázek 10 - nivelační přístroj Leica Sprinter 100 [7]

Tabulka 1 - parametry měření přístroje Leica Sprinter 100 [8]

Leica Sprinter 100	
přesnost výšky	standartní odchylka 2 mm/1 km
přesnost vzdálenosti	standartní odchylka pro $D \leq 10$ m: 10 mm pro $D > 10$ m: $D[m] \cdot 0.001$
rozsah	elektronické měření 2 m–80 m (od 0.5 m – ruční)
měřicí módy	manuální / průběžné
čas měření	<3 s
magnetické tlumení kompenzátoru	pracovní rozsah $\pm 10^\circ$ přesnost nastavení 0.8“

Trimble GeoExplorer 6000 series GeoXR je ruční GNSS přijímač (obr. 12), který byl spolu s anténou Zephyr použit pro observaci stanovisek, jeho parametry jsou uvedeny v tabulce 2 a.



Obrázek 11 - Trimble GeoExplorer 6000 series GeoXR

Trimble Zephyr – model 2 (v.č.: 4611118578) je anténa (obr. 11) GNSS přijímače. Parametry této antény jsou uvedeny v tabulce 2 b.



Obrázek 12 - anténa Trimble Zephyr model 2 [9]

Tabulka 2 a – parametry Trimble GeoExplorer 6000 series GeoXR

Trimble GeoExplorer 6000 series GeoXR	
přesnost polohy (<30 km)	poloha: $\pm (13 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$ výška: $\pm (20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$
inicializační doba	<10 s

Tabulka 2 b – parametry Trimble Zephyr – model 2

Trimble Zephyr – model 2	
přesnost polohy (<30 km)	horizontální: $\pm (8 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$ vertikální: $\pm (15 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$
inicializační doba	<10 s

Leica TS06 (v.č.: 1342473) je totální stanice (obr. 14), kterou bylo měřeno na mini hranol Leica (v.č.: 641615) (obr. 13). Parametry totální stanice jsou uvedeny v tabulce 4.



Obrázek 14 - totální stanice Leica TS06 [11]



Obrázek 13 - minihranol Leica [12]

Tabulka 3 - parametry přístroje Leica TS06 [13]

totální stanice Leica TS06	
měření úhlu	standartní odchylka 3“ (1 mgon)
metody měření úhlu	kontinuální
rozlišení displeje	0.1 mgon
přesnost kompenzátoru	1“
rozsah měření vzdálenosti na hranol	3500 m
měření vzdálenosti na hranol	standartní odchylka 1.5 mm+2 ppm / typ. 2.4 s (standart) 3 mm+2 pp, / typ. 0.8 s (fast) 3 mm+2 ppm / typ. <0.15 s (tracking)
rozsah měření vzdálenosti bezodrazem	90 %
přesnost měření vzdálenosti bezodrazem	směrodatná odchylka 2 mm+2 ppm ² / typ. 3 s
rozměry laserového bodu	30 m: 7 mm x 10 mm 50 m: 8 mm x 20 mm

4.2 Programy

Gama local 1.7.09, dále jen „Gama“, je program, který byl použit pro vyrovnání sítě stanovisek. Gama je software, jehož autorem je prof. Aleš Čepek. Tento program slouží pro vyrovnání geodetických volných sítí v lokální kartézské soustavě. Funguje na základě vložení skriptů dle vzorového formátu a výstupem jsou kompletní informace o vyrovnání. Program se spouští z příkazové řádky. V tomto programu byla vyrovnána měřičská síť.

Groma v. 8.0, dále jen „Groma“, je geodetický program určený především pro geodetické výpočty. V tomto programu byl proveden výpočet podrobných bodů, a to funkcí polární metoda dávkou a dále protínání ze směru a délek a vyhotoven seznam souřadnic.

MicroStation V8i (SELECTseries 3), dále jen „MicroStation“, je program určen pro tvorbu výkresů. V tomto programu byly vytvořeny veškeré výkresy přiložené k této bakalářské práci.

5 Měření

V této kapitole je uveden postup měření v terénu a použité měřičské metody.

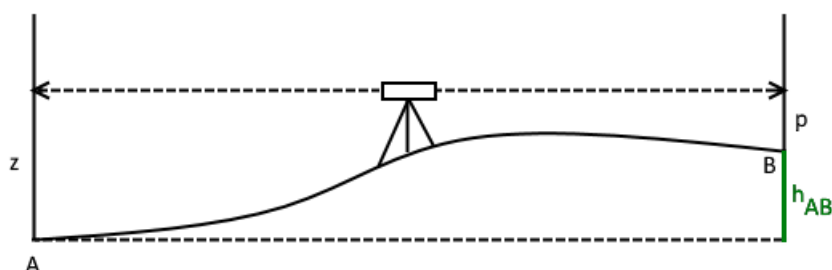
5.1 Použité měřičské metody

Zde je k jednotlivým použitým metodám při měření uvedena teoretická část.

5.1.1 Technická nivelace

Technická nivelace byla použita pro získání nadmořských výšek bodů měřičské sítě.

Při měření byla použita geometrická nivelace ze středu (obr. 15), avšak bylo postupováno tak, aby byly dodrženy zásady přesné nivelace.



Obrázek 15 - nivelace ze středu

Nivelací se určuje převýšení v nivelačním oddílu mezi dvěma body. Mezi těmito body se vytvoří sudý počet sestav, pokud se provádí měření na dvě nivelační latě, jinak může být i lichý počet sestav. Provádí se čtení na lati při záměře vzad (z) a čtení při záměře vpřed (p), které se zapisují do nivelačního zápisníku. Nivelační oddíl se měří vždy tam a zpět. Výška záměry nad terénem má být minimálně 0,3 m a délka záměry má být maximálně 80 m.

Pro zpřesnění při měření byla dodržena zásada přesné nivelace, že sestavy byly předem rozměřeny pásmem na dm, při technické nivelaci se rozměřují sestavy pouhým krokem. Minimální výška nad terénem byla brána 0,5 m a maximální délka záměry byla 50 m.

Výsledné převýšení

$$h_{AB} = \sum h_n = \sum z - \sum p,$$

kde h_n je převýšení dílčích sestav.

Při technické nivelaci je mezní odchylka převýšení nivelačního oddílu měřeného tam a nivelačního oddílu měřeného zpět

$$\Delta M = 20 * \sqrt{L},$$

kde L je délka nivelačního pořadu v km. Při výpočtech však byla použita přesnost přesné nivelace, kde mezní odchylka měřeného nivelačního oddílu je

$$\Delta M = 5 * \sqrt{R},$$

kde R je délka nivelačního oddílu v kilometrech.

$$\Delta = |h^{TAM}| - |h^{ZPĚT}|$$

A musí platit, že

$$\Delta M \geq \Delta$$

V nivelačním zápisníku se po měření vypočítají sumy měření vzad a vpřed a mezní odchylka a zjistí se, zdali splňují kritéria. Pokud jsou kritéria nivelace splněna, jsou měření vzad vyrovnána o hodnotu Δ a následně jsou vypočtené nadmořské výšky horizontu stroje, představovaných bodů, případně bodů určovaných bočně. [14], [15]

5.1.2 Metoda Real Time Kinematic

Metoda Real Time Kinematic (RTK) byla použita pro získání souřadnic bodů měřičské sítě.

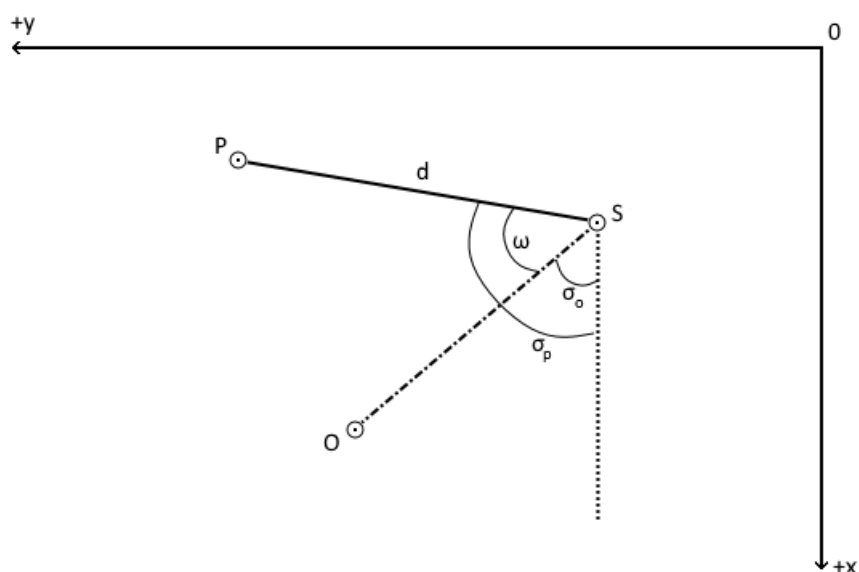
RTK je metodou měření polohy v reálném čase. Přesnost metody RTK je 25 mm-50 mm. V základním principu měření se používá GNSS přijímač (base), který je umístěn na bodě o známých souřadnicích a GNSS přijímač (rover), který je umístěn na neznámém či vytyčovaném bodě. V průběhu celého měření musí být mezi base a roverem přímé datové

spojení. Někdy je možné GNSS přijímač na známých souřadnicích nahradit virtuální sítí referenčních stanic. Poté je možné měřit pouze s roverem, který ale musí mít přístup k internetu, aby získal potřebné korekce. Pro měření v měřičské síti byla využita metoda RTK v síti referenčních stanic CZEPOS. [16]

5.1.3 Polární metoda

Měření polární metody a výpočty polární metodou byly použity pro zaměření podrobných bodů ze stanovisek a vypočtení jejich souřadnic.

Podrobný bod P byl zaměřen ze stanoviska S s orientací na bod O. Byl změřen vodorovný úhel, šikmá či vodorovná vzdálenost a zenitový úhel (obr. 16). Následně ze známých souřadnic stanoviska a orientace a naměřených hodnot, vypočítají souřadnice podrobného bodu.



Obrázek 16 - polární metoda

$$d_v = d_s * \sin z,$$

$$\sigma_p = \sigma_o + \omega,$$

$$X_p = X_s + d_v * \cos \sigma_p,$$

$$Y_p = Y_s + d_v * \sin \sigma_p,$$

kde d_s je šikmá a d_v vodorovná vzdálenost mezi stanovištěm a podrobným bodem, σ_p je směrnik ze stanoviště na podrobný bod, σ_o je směrnik na orientaci, ω je měřený vodorovný úhel a z je měřený zenitový úhel. [14]

5.2 Zaměření měřičské sítě

30. října 2017 byly body měřičské sítě výškově zaměřeny technickou nivelací se zvýšenou přesností. Délky záměr nivelačních oddílů byly předem rozměřeny pásmem a pořad byl poté měřen nivelačním přístrojem postaveném na stativu s teleskopickými nohama se záměrami na vysouvací digitální nivelační lať.

Bod 4001 byl bodem nivelačního pořadu, body 4002–4008 byly zaměřeny bočně. Nivelační pořad byl pro ověření měřen tam a zpět mezi body ČSNS Aab-5 a Aab-5.1. Hodnoty měřených a vypočtených převýšení, mezní odchylka a splnění kritérií nivelace jsou uvedeny v tabulce 5. Výsledné nadmořské výšky stanovišek v tabulce 6. S uvedenými výškami při nivelaci tam i zpět a výsledné nadmořské výšky.

Tabulka 4 - výsledky technické nivelace

převýšení	Σz [m]	Σp [m]	$\Sigma z - \Sigma p$ [m]
měřené tam	13,076	12,678	0,398
měřené zpět	12,712	13,113	-0,401
vypočtené tam	-	-	0,398
vypočtené zpět	-	-	-0,398
$\Delta M = 3,43$ mm			
$\Delta = 3$ mm			
$\Delta M \geq \Delta$... splněno			

Tabulka 5 – nadmořské výšky stanovišek z nivelace

bod	výška tam [m]	výška zpět [m]	H [m]
4001	378,000	377,998	377,999
4002	377,978	377,976	377,977
4003	377,882	377,880	377,881
4004	378,061	378,060	378,061
4005	377,938	377,937	377,938
4006	377,810	377,811	377,811
4007	377,686	377,687	377,687
4008	377,610	377,610	377,610

4. prosince 2017 byla stanoviška (4001-4008) a orientace (5001 a 5008) zaměřeny metodou GNSS. Měření bylo provedeno ve dvou rozdílných částech dne s rozestupem šesti hodin a pokaždé při jiné výšce GNSS přijímače. Poprvé byly body měřeny zhruba od 10. hodiny, podruhé byly měřeny od 16. hodiny. Výsledky RTK jsou uvedeny v tabulce 7, kde jsou uvedeny hodnoty měření v první i druhé fázi měření a výsledné souřadnice, které jsou brány jako průměrné hodnoty z první i druhé fáze měření. U stanovišek, kde je jedna fáze měření uvedena dvakrát došlo při observaci ke ztrátě inicializace v průběhu měření, a proto byl bod observován ještě jednou. Výsledné souřadnice jsou průměrné hodnoty všech měření uvedených v tabulce 7. Na každém bodě bylo observováno po dobu 30 vteřin.

Pro měření GNSS byla použita metoda RTK v referenční síti CZEPOS.

Tabulka 6 a – souřadnice stanovišek z GNSS

bod	fáze měření	naměřené hodnoty		výsledné souřadnice [m]	
		Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]
5001	1.	849289,619	1011871,346	849289,582	1011871,346
	2.	849289,545	1011871,346		

Tabulka 6 b – souřadnice stanovišek z GNSS

bod	fáze měření	naměřené hodnoty		výsledné souřadnice [m]	
		Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]
4001	1.	849335,458	1011799,889	849335,565	1011799,867
	2.	849335,614	1011799,857		
	2.	849335,622	1011799,856		
4002	1.	849337,698	1011790,219	849337,727	1011790,250
	2.	849337,755	1011790,280		
4003	1.	849337,903	1011784,691	849337,900	1011784,683
	2.	849337,896	1011784,675		
4004	1.	849331,571	1011770,354	849331,564	1011770,353
	2.	849331,557	1011770,351		
4005	1.	849340,892	1011753,048	849340,886	1011753,046
	2.	849340,879	1011753,043		
4006	1.	849344,055	1011753,032	849344,056	1011735,030
	2.	849344,056	1011753,027		
4007	1.	849368,562	10117170,730	849368,563	1011717,723
	1.	849368,562	1011717,722		
	2.	849368,563	1011717,717		
4008	1.	849383,508	1011687,409	849383,812	1011687,404
	2.	849383,516	1011687,399		
5008	1.	849432,500	1011627,985	849432,494	1011627,998
	2.	849432,488	1011628,011		

5.3 Měření podrobných bodů

Ve dnech 22. a 23. prosince 2017 byly měřeny podrobné body ze stabilizovaných stanovišek 4001–4008 a z vyhotovených přechodných stanovišek 4009–4011 s orientacemi na body 5001, 5008 a 1035.

Při měření na každém stanovisku byly nejprve měřeny vždy orientace ve dvou polohách, poté až podrobné body, jež byly měřeny převážně laserovým bezhranolovým dálkoměrem, některé body byly měřeny na minihranol Leica s konstantou +17,5mm.

V průběhu měření podrobných bodů, byly některé body zaměřeny z vícero stanovisek, jako kontrolní měření. To, jaké orientace, podrobné a kontrolní body byly měřeny na jednotlivých bodech měřičské sítě je uvedeno v tabulce 8.

Tabulka 7 – struktura měření na stanoviskách

stanovisko	orientace	podrobné body	kontrolní body
4001	4002, 4010, 5001	842-864	439, 440
4002	4001, 4003, 4004, 4009, 4011	828-841	436, 727
4003	4002, 4004, 4011, 5001	745-825	549, 555
4004	4001, 4002, 4005, 4006	656-744	430, 431, 432, 433, 434, 435, 437, 443, 472, 474, 616
4005	4004, 4006, 4007, 4010	587-655	324, 325
4007	4004, 4005, 4008, 4009, 4010, 4011	252-325	76, 77
4008	4006, 4007, 4009, 5008, 1035	1-139	-
4009	4002, 4007, 4008	141-250	88, 136, 137, 138
4010	4001, 4005, 4007, 4011	327-487	92, 96
4011	4002, 4003, 4007	488-586	128, 276, 290

5.4 Kontrolní oměrné míry

Ve dnech 13. a 14. ledna 2018 byl celý objekt kontrolně oměřen svinovacím pětimetrem metrem a pásmem. Byly měřeny každé rozměry sloupu. K bodům, které při podrobném měření nemohly být zaměřeny (nedostatečná viditelnost), byly doměřeny konstrukční oměrné míry pro pozdější určení. Všechny míry, kontrolní i konstrukční byly zaznamenány do náčrtu.

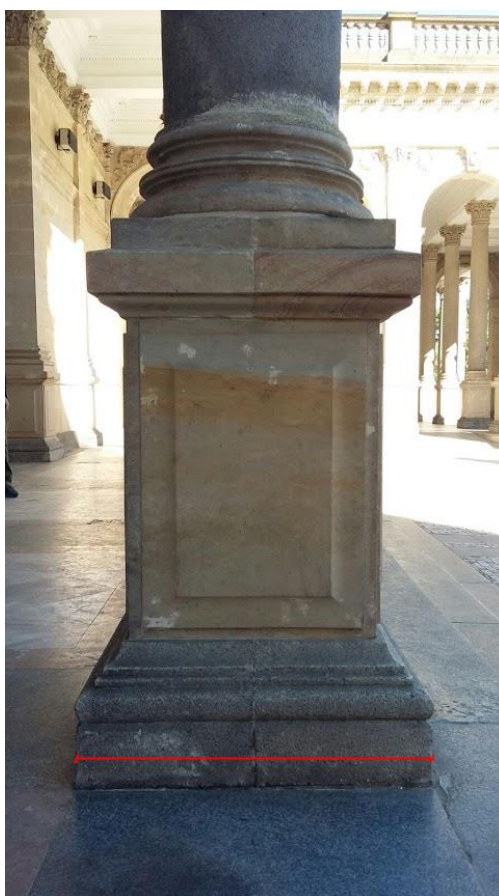
Pro vzdálenosti, jež měly rozdíl mezi kontrolní a měřenou vzdáleností vyšší, než 1 cm byly naměřeny další kontrolní oměrné, pro posouzení, zdali je správně hodnota naměřená totální stanicí, naměřená kontrolní oměrou anebo je možné obě hodnoty zprůměrovat.

5.5 Vyhotovení náčrtu

V průběhu měřičských prací byl vedeny náčrty. Nejprve byl vyhotoveny náčrty Mlýnské kolonády, do nějž byly zaznamenávané podrobné body. Ty byly následně nakopírovány, pro lepší přehlednost a do dalších kopií byly zapisovány kontrolní oměrné míry.

5.6 Vyhotovení náčrtu pro zaznamenání roviny řezu

Na základě podrobného měření byl 1. dubna 2018 metrem výškově oměřen jeden sloup, pro vyhotovení náčrtu roviny řezu. Jako vzorový sloup, byl vybrán sloup v pavilonu mlýnského pramene, na samém počátku sloupořadí z důvodu jeho největší zachovalosti. Jako základní rozměr patky (obr. 17) byla brána zprůměrovaná hodnota z několika sloupů, aby byl odhadnut původní plánovaný rozměr.



Obrázek 17 - vyznačení šířky patky sloupu

6 Výpočetní práce

V této kapitole je uveden postup výpočtu podrobných bodů.

6.1 Příprava hodnot pro výpočet

Do programu Groma byl nainportován soubor z měření GSI.

Tento zápisník z měření byl zeditován – byly opraveny čísla bodů, vymazány špatně změřené body a opraveny chyby, které při měření byly zaznamenány stranou, pro pozdější opravu. Měření v první a druhé poloze u orientací na stanovisku bylo následně zpracováno u zeditovaného zápisníku v programu Groma přes funkci zpracování zápisníku. Tím se vyhodnotily orientace na stanovisku a tyto hodnoty byly použity pro vyrovnaní měřičské sítě.

6.2 Vyrovnání měřičské sítě

Měřičská síť byla vyrovnána v programu Gama, jako volná síť. Na základě zadaných parametrů přesnosti bylo provedeno vyrovnání měřičské sítě. Do prostoru byla umístěna pomocí souřadnic bodů 4003 a 4008 určených z GNSS a technické nivelace.

Nejprve do programu Gama byly zadány základní parametry. Přesnost vzdálenosti byla určena na 6 mm, přesnost vodorovného úhlu na 15 grádových vteřin a přesnost zenitového úhlu na 15 grádových vteřin.

Po prvním výpočtu sítě bylo vyrovnání zhodnoceno. Poměr apriorní a aposteriorní hodnoty byl přibližně 5.7, a proto bylo u vzdáleností pod 10 metrů snížena přesnost na 10 mm a zenitový úhel byl podle odpovídající vzdálenosti změněn buď na 100, 150 nebo 200 grádových vteřin. Hodnoty s takto upravenými přesnostmi byly následně vyrovnány znovu a výsledky byly opět zhodnoceny. Při druhém výpočtu vyšel poměr apriorní a aposteriorní

hodnoty přibližně 1.1, což bylo bráno za uspokojivý výsledek a hodnoty z tohoto vyrovnání byly použity v následujících výpočtech.

Výstupem byly vyrovnané souřadnice všech bodů měřičské sítě, tří orientací a jedenácti stanovisek (5001, 5008, 1035, 4001-4011).

6.3 Výpočet podrobných bodů

Tyto souřadnice byly nahrány do programu Groma a byl proveden výpočet měřičského zápisníku polární metodou dávkou. Při tomto výpočtu se zhodnocovaly kontrolní body. Při rozdílu v souřadnicích do 10 mm byly body zprůměrovány. U bodů, kde byla odchylka vyšší byly ve výpočtu ponechány oba výsledky pro pozdější zhodnocení. (Nejčastější příčinou vyšší rozdílů byly chyby v číslování měřičského náčrtu.) Body, které i po všech opravách stále přesahovali rozdíl z prvního a druhého měření totální stanicí více než o 10 mm, byly porovnávány na základě kontrolních oměrných měř. Pokud rozdíl průměru obou bodů měřených totální stanicí a kontrolní oměrné nepřekročil 10 mm, byly body z měření totální stanicí zprůměrovány a zapsány do seznamu souřadnic (jedná se o body: 302, 430, 431, 432, 435, 472, 549, 616). Pokud byla odchylka překročena, bod, který byl měřen totální stanicí a byl více odlehlý od kontrolní oměrné byl ze seznamu souřadnic odstraněn (jedná se o body: 76-1, 77-1, 96-2, 128-2, 276-2, 324-2, 325-1, 433-2, 437-2, 555-1) a bylo ponecháno pouze jedno měření. Jestliže neseseděl ani průměr, ani jednotlivé body samostatně, byl tento bod definitivně vymazán a jeho souřadnice byly určeny graficky.

Poté se kontrolní oměrné míry, naměřené pásmem porovnaly s rozměry, které byly spočítány ze souřadnic podrobných bodů určených totální stanicí. Pokud se hodnota měření totální stanicí lišila od měření pásmem o více, jak 10 mm, byly body zkontrolovány. Naměřily se další oměrné míry u vzdáleností, které nevycházely. Pokud se i druhé

kontrolní míry lišily, byly body měřené totální stanicí vymazány a následně naprotínány z kontrolních oměrných měr (jedná se o body: 15, 110, 125, 150, 197, 211, 228, 230, 232, 233, 291, 294, 296, 307, 310, 332, 333, 338, 344, 345, 355, 363, 377, 379, 407, 415, 426, 427, 429, 465, 488, 543, 546, 566, 570, 579, 584, 617, 635, 636, 649, 669, 678, 725, 744, 781, 802, 813, 817, 862). Pokud druhé kontrolní oměrky odpovídali vzdálenostem vypočtených ze souřadnic určených totální stanicí, byly ponechány body z měření totální stanicí. U některých bodů, kde se lišila jen jedna druhá kontrolní oměrná hodnota, byly souřadnice zprůměrovány ze souřadnic určených totální stanicí a souřadnic určených z protínáním z kontrolních oměrných délek. (jedná se o body: 346, 451, 534, 707)

Dále na základě doměřených vzdáleností byly v programu Groma přes protínání z délek naprotínané body, jež nebyly zaměřeny při podrobném měření totální stanicí.

Výstupem těchto výpočtů byl seznam souřadnic všech podrobných bodů Mlýnské kolonády.

7 Grafické zpracování

V této kapitole je uvedeno a jak bylo postupováno při tvorbě grafických výstupů.

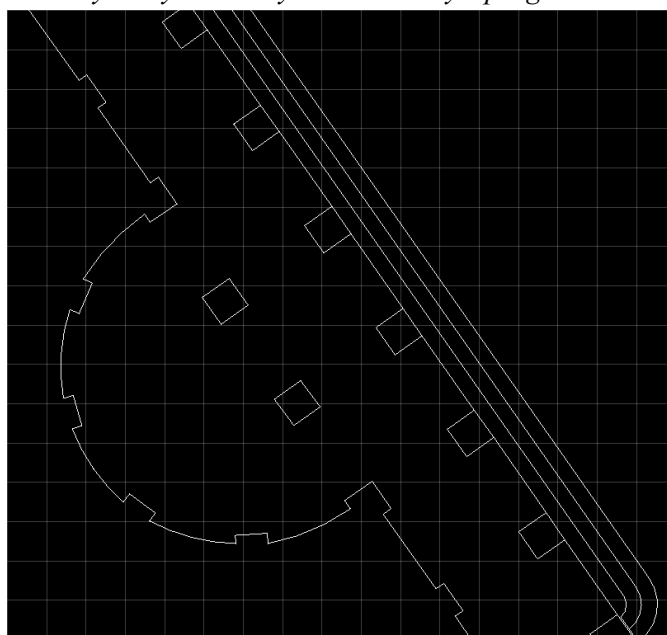
7.1 Tvorba výkresu půdorysu

Do programu MicroStation byl nainportován seznam souřadnic vypočtených a naměřených podrobných bodů i se souřadnicemi stanovišek.

V prvním kroku byly pro výkres vytvořeny vrstvy (tabulka 9), pro lepší orientaci ve výkresu a poté byl na základě náčrtu vyhotoven výkres (obr. 18, 19) se všemi požadovanými prvky. Nejprve se spojovali linie schodů, poté sloupů, a nakonec linie stěny.



Obrázek 19 - výřez výkresu Mlýnské kolonády z programu MicroStation



Obrázek 18 - výřez výkresu Mlýnské kolonády z programu MicroStation

Tabulka 8 - vrstvy výkresu budovy

vrstva	popis
body	vrstva obsahující čísla bodů
koty	vrstva kót
polohopis	vrstva obsahující označující prvky polohy (polohopisné křížky, severka...)
stena	vrstva obsahující linie zadní stěny objektu z naměřených hodnot
sloupy	obsahující linie sloupů objektu z naměřených hodnot
schody	vrstva obsahující linie schodiště
sít	vrstva s měřičskou sítí
doprotinane_opravovane	vrstva obsahující body, které byly v programu Groma, vypočtené nebo naprotínané z délek, ale na základě výkresu byly z výpočtu odstraněny a naprotínané graficky
kontrolni_mríz	vrstva linií původních hran objektu
obrys_se_schody	vrstva obrysu celého objektu i se schody
tabulka	vrstva obsahující popisovou tabulku

Po vyhotovení výkresu na základě čísel bodů byly výsledné linie porovnány s kontrolní mřížkou (mříž původních hranic sloupů – obr. 19) a na základě vzdálenostních odchylek byly některé body graficky doprotínány a jejich souřadnice odstraněny ze seznamu souřadnic z programu Groma (jedná se o body: 163, 164, 212, 224, 233, 234, 250, 336, 337, 344, 354, 491, 611, 654, 669, 780, 816, 852, 909, 924, 925, 926, 937, 945, 946, 947, 952, 953, 962, 963, 967, 972, 980, 986, 1021, 1022, 1023, 1030, 1036, 1037, 1041, 1055, 1065, 1088, 1089, 1092, 1094, 1095, 1098).

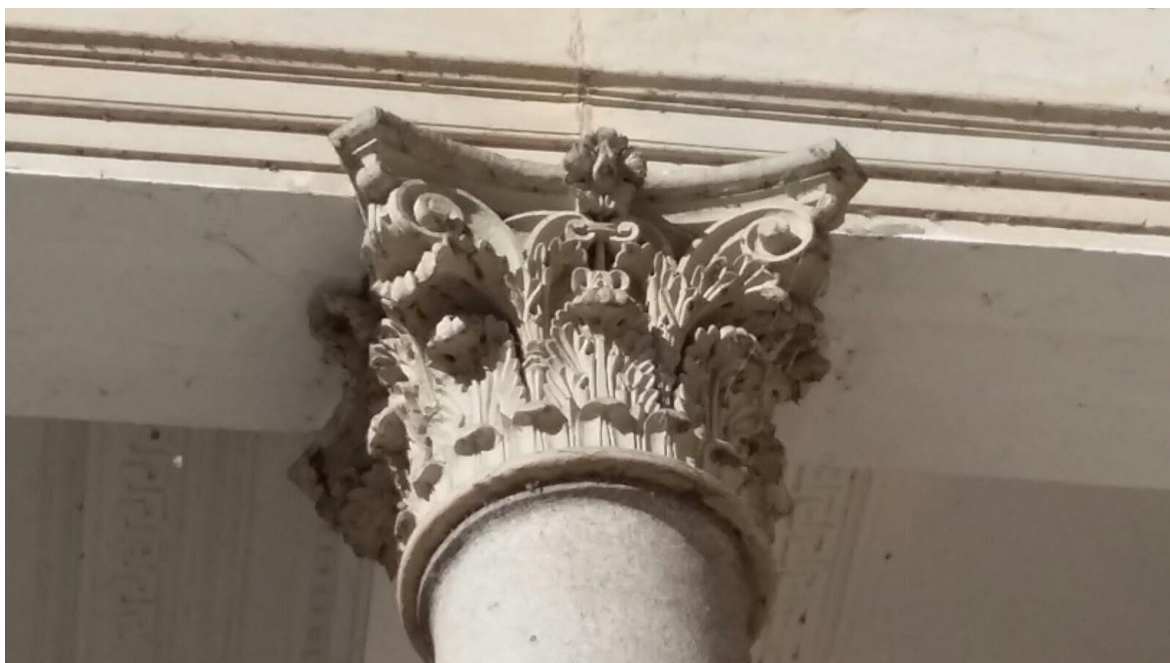
Byly vytvořeny tři kopie výše uvedeného výkresu pro jednotlivé výstupy a na základě vypínání vrstev a jednoduchých úprav byly sestaveny výkresy s potřebnými údaji. Tím z jednoho základního výkresu vznikly tři výkresy na sobě nezávislé se všemi potřebnými údaji pro jednotlivé výkresy.

Výstupem grafického zpracování je měřičský náčrt v lokálním systému s očíslovanými body, výkres budovy v lokálním systému s kótami a výkres v souřadnicovém systému S-JTSK se situací.

7.2 Tvorba výkresu roviny řezu

Na základě oměření jednoho sloupu z 1. dubna 2018. Byl v programu MicroStation vyhotoven detailní výkres jednoho sloupu ze sloupořadí Mlýnské kolonády.

U tohoto sloupu byla vzata průměrná šířka patky sloupu (viz kapitola 5.6) a od ní se na základě horizontálních vzdáleností od podlahy a středu osy sloupu, zakreslily detailní linie korintského sloupu. Hlavním důvodem této kresby bylo naznačení místa roviny řezu. Tedy roviny, ve které byly měřeny podrobné body, a proto součástí tohoto výkresu je pouze spodní část sloupu. Korintská hlavička (obr. 20) je pouze naznačena, její rozměry nelze brát jako závazné.



Obrázek 20 - korintská hlavička sloupů v budově Mlýnské kolonády

8 Výsledky

Výsledkem této bakalářské práce je seznam souřadnic podrobných bodů zaměřených polární metodou či dopočtených z protínání z délek. Tento seznam souřadnic je uveden v elektronické příloze. Souřadnice jsou v systému S-JTSK bez zavedení měřítka, pokud by se měřítko zavádělo, pak jeho velikost by byla

$$m = 0,999847,$$

kde se m počítalo křovákovým zobrazením z bodu 4003.

Další přílohou je tabulka porovnání kontrolních vzdáleností určenými totální stanicí se vzdálenostmi naměřenými pásmem.

Dále jsou výstupem čtyři výkresy. Hlavním výkresem je okótovaný výkres stejného zaměření v měřítku 1:50 v lokálním systému. Druhým výkresem této bakalářské práce je půdorysný řez patek sloupů skutečného zaměření spodní terasy Mlýnské kolonády v Karlových Varech v souřadnicovém systému S-JTSK v měřítku 1:500. Třetím výkresem je okótovaný bokorys měřeného sloupu v měřítku 1:20 s vyznačením roviny řezu měření. Posledním výkresem je náčrt s naměřenými a vypočtenými body s měřičskou sítí. Tyto výkresy jsou přiloženy v tištěné i elektronické verzi k této práci.

Součástí této bakalářské práce je dále nivelační zápisník obsahující hodnoty technické nivelace měřené v rámci určování nadmořské výšky stabilizovaných bodů i s výpočtem jednotlivých výšek stanovisek uvedených v tabulce 4 této práce.

9 Závěr

Zadáním bakalářské práce bylo vybudování a zaměření měřičské sítě a změření zájmové oblasti tedy – spodní terasy Mlýnské kolonády v Karlových Varech. Naměřená data byla zpracována a vyhotovena požadovaná výkresová dokumentace. Tento záměr byl dodržen a v průběhu vytváření bakalářské práce se neodchýlil od zadání.

Nejprve byla provedena rekognoskace terénu a poté v okolí měřené části budovy byla vybudována měřičská síť. Z měřičské sítě byla následně zaměřena spodní terasa budovy Mlýnské kolonády. Výstupem byl měřičský zápisník, který byl zpracován. Byly dopočteny souřadnice bodů nezměřených totální stanicí a vytvořen kompletní seznam souřadnic podrobných bodů a stanovisek.

Ze získaných souřadnic byla vyhotovena výkresová dokumentace k zaměření spodní terasy Mlýnské kolonády ve formátu dgn.

Výstupem této bakalářské práce je seznam souřadnic podrobných bodů a stanovisek, tři výkresy spodní terasy Mlýnské kolonády (měřičský náčrt, výkres s kótami v lokálním systému a výkres situace v systému S-JTSK), výkres bokorysu sloupu s vyznačením roviny řezu, tabulka porovnání kontrolních měř a tři zápisníky z měření (nivelační zápisník, zápisník z observace stanovisek a zápisník měření podrobných bodů). Výsledky budou předány SPLZaKu.

Seznam použitých zkratk

DMT	Digitální model terénu (DTM – digital terrain model)
S-JTSK	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	Výškový systém baltský – po vyrovnání
GNSS	Global Navigation Satellite System, Globální navigační družicový systém
ČSNS	Česká státní nivelační síť
RTK	Real Time Kinematic
CZEPOS	Síť referenčních pevných GNSS stanic ve správě Zeměměřičského úřadu
SPLZaK	Správa léčivých zdrojů a kolonád

Seznam zdrojů a použité literatury

- [1] *Karlovy Vary* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://www.karlovyvary.cz/>
- [2] *Karlovy Vary* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <http://www.karlovy-vary.cz/>
- [3] *Mapy* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [4] *Památky a příroda Karlovarska* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <http://www.pamatkyaprirodakarlovarska.cz/>
- [5] ROUBÍNKOVÁ, Dana a Zdeněk ROUBÍNEK. *Historismus v architektuře Karlových Varů*. Karlovy Vary: Karlovarské muzeum, 1996. ISBN 80-900188-2-3.
- [6] *Erasmus Student Network* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://www.esn-usti.cz/>
- [7] *Cec Équipements* [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://www.cecequip.com/>
- [8] *Nivelační přístroje* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <http://www.nivelacni-pristroje.cz/>
- [9] *Compass Tools* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://compasstoolsinc.com/>
- [10] Firma Trimble
- [11] *Surveying equipment* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <http://www.surveyingequipment.com/>
- [12] Firma Gefos
- [13] Firma Leica
- [14] HAUF, Miroslav. *Geodézie*. 2. uprav. vyd. Spálená 51, 11302 Praha 1: SNTL, 1989. ISBN 80-03-00142-0.
- [15] *GIS ZCU* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/>
- [16] *Katedra speciální geodézie ČVUT* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <http://k154.fsv.cvut.cz/>

Seznam tabulek

tabulka 1 – parametry měření přístroje Leica Sprinter 100 [8]

tabulka 2 a – parametry přesnosti Trimble GeoExplorer 6000 series GeoXR [10]

tabulka 2 b – parametry přesnosti Trimble Zephyr model 2 [10]

tabulka 3 – parametry přístroje Leica TS06 [13]

tabulka 4 – výsledky technické nivelace

tabulka 5 – nadmořské výšky stanovišek z nivelace

tabulka 6 – souřadnice stanovišek z GNSS

tabulka 7 – struktura měření na stanoviskách

tabulka 8 – vrstvy výkresu budovy

Seznam obrázků

obrázek 1 – situační nákres umístění Mlýnské kolonády [3]

obrázek 2 – "vaničky" na pití pramenů

obrázek 3 – pavilon zastřešující Mlýnský pramen

obrázek 4 – hlavní část promenády Mlýnské kolonády

obrázek 5 – sloupořadí zadní části Mlýnské kolonády

obrázek 6 – óda na Vřídlo

obrázek 7 – busta Josefa Zítka

obrázek 8 – jižní pavilon s bustou J. Zítka

obrázek 9 – Mlýnská kolonáda [6]

obrázek 10 – nivelační přístroj Leica Sprinter 100 [7]

obrázek 11 – Trimble GeoExplorer 6000 series GeoXR

obrázek 12 – anténa Trimble Zephyr model 2 [9]

obrázek 13 – minihranol Leica [12]

obrázek 14 – totální stanice Leica TS06 [11]

obrázek 15 – nivelace ze středu [15]

obrázek 16 – polární metoda

obrázek 17 – vyznačení šířky patky sloupu

obrázek 18 – výřez výkresu Mlýnské kolonády z programu MicroStation

obrázek 19 – výřez výkresu Mlýnské kolonády z programu MicroStation

obrázek 20 – korintská hlavičky sloupů v budově Mlýnské kolonády

Seznam příloh

Tištěné

Výkres s kótami v lokálním systému

Výkres v S-JTSK

Výkres bokorysu sloupu s označením roviny řezu

Elektronické

Čti mě

Bakalářská práce

Nivelační údaje bodu Aab-5

Nivelační údaje bodu Aab-5.1

Geodetické údaje bodu 1035

Nivelační zápisníky

Naměřená data podrobného měření

Naměřená data z GNSS

Seznam souřadnic

Tabulka porovnání vzdáleností

Výkres v lokálním systému s kótami

Výkres v S-JTSK

Náčrt naměřených a vypočtených bodů

Výkres bokorysu sloupu s označením roviny řezu